

# I. Emissions- und Kraftstoffverbrauchsproblematik bei Baumaschinen und verschiedene Ansätze der Problemlösung für den Baubetrieb

Dipl.-Ing. Tobias Bisenberger

Dipl.-Ing. Harald Urban

Institut für Interdisziplinäres Bauprozessmanagement, Forschungsbereich Baubetrieb

Technische Universität Wien

Karlsplatz 13, E234-1

1040 Wien

tobias.bisenberger@tuwien.ac.at

harald.urban@tuwien.ac.at

www.ibb.tuwien.ac.at

## Inhalt

<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>1</b>
<b>1 Emissionsproblematik im Baubetrieb</b> .....	<b>2</b>
1.1 Entwicklung der Abgasemissionsrichtlinien bei Baumaschinen.....	3
1.2 Abgasemissionsregelung bei Ausschreibungen.....	4
<b>2 Lösungsansätze</b> .....	<b>4</b>
2.1 Drop-NO <sub>x</sub> Applikation .....	4
2.2 Motorabschaltung / Motor-Abschalteinrichtung (Abschaltautomatik).....	6
2.2.1 Funktionsweise einer automatischen Motorabschaltung .....	7
2.2.2 Standheizung und -kühlung .....	7
2.2.3 Berechnung des Einsparpotenzials durch automatische Motorabschaltung .....	8
<b>Literaturverzeichnis</b> .....	<b>9</b>

## Zusammenfassung

Die Thematik der Kraftstoffeinsparung und Emissionsreduktion bei Baumaschinen ist von enormer Bedeutung für eine ökologische und ökonomische Abwicklung des Baubetriebs. Bei Ausschreibungen in urbanen

Gebieten werden mittlerweile Kriterien wie Emissionsnachweise des Fuhrparks von anbietenden Bauunternehmen angewendet. Verschärft wird die baubetriebliche Emissionsproblematik durch die 2019 in Kraft tretende Abgasemissionsrichtlinie V für Baumaschinen der Europäischen Union.

Im Bieterverfahren stellt eine Nichteinhaltung dieser Emissionsstandards einen Wettbewerbsnachteil dar, welcher bis hin zum Ausschluss des unterbreitenden Angebots führen kann. Bei Baumaschinen mit einem Baujahr vor 2010 entsteht daher das Problem, dass diese Geräte nicht bei zukünftigen Bauprojekten in städtischen Gebieten eingesetzt werden können. Aus wirtschaftlicher Sicht ist auch die damit einhergehende Kraftstoffverbrauchssenkung bei Baumaschinen von großer Bedeutung.

Zu dieser Thematik der Emissions- und Kraftstoffreduktion bei Baumaschinen gibt es einige verschiedene Lösungsansätze, diese umfassen unter anderem:

- Wassereinspritzung in den Luftansaugtrakt des Motors (Drop-NO<sub>x</sub> Applikation)
- Motorabschaltung / Motor-Abschalteinrichtung (Abschaltautomatik)

## 1 Emissionsproblematik im Baubetrieb

Baustellen sind eine wesentliche Emissionsquelle von Luftschadstoffen, zudem kommt es durch Maschinenbewegung zu hohen Feinstaubbelastungen (PM<sub>10</sub>)<sup>1</sup> auf Baustellen. Die Bautätigkeit erfolgt oft in urbanen Wohngebieten, aus diesem Grund verursacht der Emissionsausstoß der dieselbetriebenen Baumaschinen eine erhebliche Belastung für die angrenzende Bevölkerung und speziell auch für die am Bau beschäftigten Arbeitnehmer. Bei den meisten Baustellen kommt es zu einer geringen Aufwirbelung und Verdünnung der Schadstoffe im Gegensatz zum Verkehr auf öffentlichen Straßen. Dieses Problem tritt vor allem in der Umgebung von schlecht belüfteten Baugruben und bei windarmen Wetterlagen auf, wobei sich unter Umständen sogar Schadstoffglocken bilden können.<sup>2</sup>

Die Umsetzung und Einhaltung strengerer Emissionsgrenzwerte nach *Richtlinie 97/68/EG (Mobile Maschinen und Geräte: Gasförmige Schadstoffe)* für Neumaschinen (europäische Emissionsgesetzgebung) zwingt die Hersteller von Baumaschinen neue Wege bei der Motorenentwicklung einzuschlagen. Hinsichtlich der Abgasstandards mobiler Maschinen werden vermehrt Mindestanforderungen bei Ausschreibungen von Bauleistungen im innerstädtischen Bereich gestellt (lokale oder regionale Immissionsreglementierung). Anbietende Bauunternehmer müssen aus diesem Grund ihren Fuhrpark im Sinne der Wettbewerbsfähigkeit immer auf dem neuesten Stand der Technik bzw. der Abgasrichtlinien halten.

Aus dieser Themenstellung heraus werden verschiedene Lösungsansätze zu einer effektiven Senkung des Emissionsausstoßes bzw. dem damit einhergehenden Kraftstoffverbrauch aufgezeigt. Zuerst erfolgt aber ein kurzer Überblick über die derzeit gültige und kommende europäische Abgasemissionsrichtlinie.

Neben den klassischen Rußemissionen, welche bei Verbrennung des Dieselkraftstoffes zur Umsetzung in mechanische Energie freigesetzt werden, entsteht Feinstaub auf Baustellen durch eine Vielzahl von Arbeitsprozessen. Diese umfassen beispielsweise:

- Anrühren und Mischen von Baustoffen
- Schleifen & Fräsen
- Umschlag staubender Materialien
- Sägen

---

<sup>1</sup> Feinstaub (PM<sub>10</sub>) bezeichnet eine Staubfraktion, welche 50% der Teilchen mit einem Durchmesser von 10 µm enthält

<sup>2</sup> Vgl. Lichtblau, G. / Schodl, B. / Plankensteiner, B. / Winter, R. (2009): „Feinstaubproblem Baumaschine – Emissionen und Kosten einer Partikelnachrüstung in Österreich“, Bundeskammer für Arbeiter und Angestellte, S. 3

- Bohrabrieb
- Staubentwicklung durch Fahrbetrieb

Dem Gesundheitsschutz der Arbeitnehmer kommt eine entscheidende Bedeutung zu und daher ist es wichtig Staubbelastungen auf Baustellen möglichst minimal zu halten.<sup>3</sup>

### 1.1 Entwicklung der Abgasemissionsrichtlinien bei Baumaschinen

Erstmalig kam es in der *Richtlinie 97/68/EG (Mobile Maschinen und Geräte: Gasförmige Schadstoffe)* vom 16.12.1997 (letzte Änderung im Jahr 2016) zu einer Festlegung von Emissionsnormen und Typengenehmigungsverfahren für Motoren, welche in mobilen Maschinen verbaut sind. Die erlassene Richtlinie wurde zweistufig, je nach Motorleistung, eingeführt. Stufe I trat ab 1999 und Stufe II von 2001 bis 2004 in Kraft. Die in den jeweiligen Richtlinien angegebenen Termine beziehen sich jeweils auf das Inverkehrbringen der mobilen Maschinen und Geräte.

In den letzten Jahren wurde die Richtlinie um zwei weitere Emissionsstufen ergänzt. Tabelle I-1 zeigt die derzeit gültigen Emissionsgrenzwerte der Stufe IV. Im Vergleich zu Stufe III B verbleiben die Feinstaubgrenzwerte (PM) auf demselben Niveau, die Grenzwerte für Stickstoffoxide (NO<sub>x</sub>) sind jedoch fast um eine Zehnerpotenz geringer als in Stufe III B. Damit wird versucht die Hersteller zu bewegen Nachbehandlungsmethoden für NO<sub>x</sub> einzusetzen.<sup>4</sup> Außerdem kam es zu einer Vereinheitlichung der Leistungskategorien von bisher vier auf nunmehr zwei, wobei unter 56 kW keine Grenzwerte definiert werden.

**Tabelle I-1:** Stufe IV Emissions-Standards für Off-Road Dieselmotoren<sup>5</sup>

Kategorie Stufe IV	Leistung [kW]	Datum	CO [g/kWh]	HC [g/kWh]	NO <sub>x</sub> [g/kWh]	PM [g/kWh]
Q	130 ≤ P ≤ 560	01.2014	8,0	7,5 <sup>0</sup>		0,40
R	56 ≤ P < 130	10.2014	6,6	7,5 <sup>0</sup>		0,40

Tabelle I-2 stellt die ab 2019 gültigen Emissionsgrenzwerte der Stufe V dar. In dieser Stufe kommt es zu einer sehr feinen Gliederung der Leistungskategorien, wobei erstmalig auch für sehr leistungsstarke (> 560 kW) und leistungsschwache (< 8 kW) Dieselmotoren Grenzwerte definiert werden. Ein Grenzwert für die Partikelanzahl in l/kWh (PN) wird erstmalig in dieser Stufe geregelt. Die festgesetzten Schranken für Kohlenmonoxid (CO), Kohlenwasserstoffe (HC) und Stickstoffoxide bleiben für die vergleichbaren Kategorien zur Stufe IV unverändert.

**Tabelle I-2:** Stufe V Emissions-Standards für Off-Road Dieselmotoren<sup>6</sup>

Kategorie Stufe V	Leistung [kW]	Datum	CO [g/kWh]	HC [g/kWh]	NO <sub>x</sub> [g/kWh]	PM [g/kWh]	PN [l/kWh]
-------------------	---------------	-------	------------	------------	-------------------------	------------	------------

<sup>3</sup> Vgl. Hänel, G. / Rautenberg, H. / Kunze, P. G. (2015): „Gefährdung von Feinstaubemissionen von Baumaschinen, Institut für Verarbeitungsmaschinen und mobile Arbeitsmaschinen“, S. 6 f.

<sup>4</sup> Vgl. Lichtblau, G. / Schodl, B. / Plankensteiner, B. / Winter, R. (2009): S. 9-16

<sup>5</sup> Vgl. Lichtblau, G. / Schodl, B. / Plankensteiner, B. / Winter, R. (2009): S. 11

<sup>6</sup> EU-Verordnung 2016/1628; „Emissionsgrenzwerte für gasförmige Schadstoffe und luftverunreinigende Partikel und die Typgenehmigung für Verbrennungsmotoren“, S. L252/104

NRE-v/c-1	$P < 8$	2019	8,0	7,50		0,40	—
NRE-v/c-2	$8 \leq P < 19$	2019	6,6	7,50		0,40	—
NRE-v/c-3	$19 \leq P < 37$	2019	5,0	4,70		0,015	$1 \cdot 10^{12}$
NRE-v/c-4	$37 \leq P < 56$	2019	5,0	4,70		0,015	$1 \cdot 10^{12}$
NRE-v/c-5	$56 \leq P < 130$	2019	5,0	0,19	0,40	0,015	$1 \cdot 10^{12}$
NRE-v/c-6	$130 \leq P \leq 560$	2019	3,5	0,19	0,40	0,015	$1 \cdot 10^{12}$
NRE-v/c-7	$P > 560$	2019	3,5	0,19	3,50	0,045	—

## 1.2 Abgasemissionsregelung bei Ausschreibungen

Baustellen sind eine wesentliche Emissionsquelle von Luftschadstoffen und Feinstaub (siehe Kapitel 1). Eine erhebliche Belastung der angrenzenden Bevölkerung vor allem in urbanen Gebieten und auch für die Bauarbeiter ist die Folge. In Österreich und in Deutschland wird daher der Einsatz von emissionsarmen Baumaschinen bei öffentlichen Ausschreibungen und in Gebieten mit hohen Feinstaubbelastungen empfohlen. Der Einsatz von kraftstoffeffizienten und emissionsarmen Baumaschinen kann durch in der Ausschreibung festgesetzte Kriterien gefördert beziehungsweise vorgeschrieben werden. Diese Kriterien können sich auf die Grenzwerte der EU-Abgasemissionsrichtlinie oder auch auf lokale oder regionale Immissionsreglementierungen beziehen. Dabei ist zwischen öffentlichen Ausschreibungen und nicht öffentlichen Ausschreibungen zu unterscheiden.

### Öffentliche Ausschreibungen

Baufahrzeuge werden durch Emissionsmessungen den jeweiligen Stufen I-IV nach *Richtlinie 97/68/EG* zugeordnet. Auf dieser Basis kann in der Leistungsbeschreibung eine Anforderung an die Baumaschinen definiert werden, beispielsweise, dass nur Baumaschinen der Stufe IV auf der Baustelle tätig sein dürfen. Alternativ können im Bestbieterverfahren die Emissionsstufen für die im Angebot angeführten Baumaschinen für die Bewertung des Angebots herangezogen werden (Zuschlagskriterium).

Nach der letzten Novelle des BVergG (Bundesvergabegesetz) 2016 in Österreich ist nur noch das Bestbieterprinzip (laut § 79 Abs 3) für Bauprojekte mit einer Summe von mehr als 1 Mio. € zulässig. Neben dem Preis müssen daher andere Zuschlagskriterien, zum Beispiel ökologische Kriterien, genannt werden.

### Nicht öffentliche Ausschreibungen

Bei nicht öffentlichen Ausschreibungen kann der Einsatz von emissionsarmen Baufahrzeugen in Gebieten mit Grenzwertüberschreitungen oder der Gefahr einer Grenzwertüberschreitung durch Auflagen der Baubehörde vorgeschrieben werden. Somit kann es auch bei nicht öffentlichen Ausschreibungen zu einer Reglementierung des Schadstoffausstoßes der einzusetzenden Baumaschinen kommen.

## 2 Lösungsansätze zur Emissions- und Kraftstoffverbrauchssenkung

### 2.1 Drop-NO<sub>x</sub> Applikation

Die DROP-NO<sub>x</sub>-Applikation ist ein technisches System des gleichnamigen österreichischen Start-Up Unternehmens, das destilliertes Wasser in den Luftansaugstrang des Motors einbringt. Der Schadstoffgehalt von NO<sub>x</sub> und CO im Abgas wird laut Hersteller dadurch reduziert werden. Wobei gleichzeitig auch Kraftstoff eingespart werden soll und somit die mit dem Kraftstoffverbrauch direkt im Zusammenhang stehende CO<sub>2</sub>-Emission ebenfalls vermindert werden soll. Das Einbringen des Wassers erfolgt ohne einer technischen Einrichtung bzw. einer elektronischen Steuerung, sondern mit Hilfe des Venturi<sup>7</sup>-Prinzips. Dazu wird ein Metallrohr mit ein bis drei kleinen Öffnungen in den Luftansaugtrakt des Verbrennungsmotors eingebaut. Dieses Rohr ist verjüngt, wodurch die Geschwindigkeit steigt und der Druck abnimmt. Der Querschnitt wird so stark reduziert, dass ein Unterdruck entsteht und das destillierte Wasser von einem Behälter über Schläuche in den Luftansaugstrang des Motors eingesaugt wird. Durch diesen Vorgang der Wassereinspritzung soll die Verbrennung vollständiger stattfinden und somit Kraftstoff gespart und Emissionen gesenkt werden. Die DROP-NO<sub>x</sub>-Applikation besteht aus folgenden Teilen:<sup>8</sup>

- Wasserbehälter: Je nach Ausführung können bis zu drei Wasserbehälter mit einem Fassungsvermögen von 1500 ml im Fahrzeug untergebracht werden. Die Behälter besitzen einen Schwimmer, der ein Überlaufen beim Befüllen verhindern soll.
- Metallrohr: Das Metallrohr ist mit einer Querschnittverjüngung ausgeführt, um das Venturi-Prinzip anwenden zu können. Zudem besitzt das Bauteil bis zu drei kleine Löcher im Rohrmantel. Über diese Öffnungen werden die Schläuche angesteckt. Die Querschnittverjüngung des Metallrohres ist in Abbildung I-1 im rechten Bild ersichtlich.
- Kunststoffschläuche: Diese verbinden die Wasserbehälter mit dem Metallrohr. Die beschriebenen Bauteile sind in Abbildung I-1 im linken Bild dargestellt. In dieser Darstellung ist das Metallrohr bereits in den Luftansaugstrang des Motors eingebaut.



Abbildung I-1: Bestandteile der DROP-NO<sub>x</sub>-Applikation (li.), Metallrohr mit Querschnittverjüngung (re.)

Erste Messungen mit einem portablen Abgasemissionsmessgerät im Zuge einer Diplomarbeit fanden bei einem Hydraulikraupenbagger und zwei Radladern bereits statt. In Tabelle I-1 sind die jeweils drei Messdrehzahlen bei einem Hydraulikraupenbagger, einem Radlader in Zwettl und einem in Traismauer sowie die jeweilige prozentuale Veränderung durch die Verwendung der DROP-NO<sub>x</sub>-Applikation dargestellt. Die Ergebnisse zeigen eine erkennbare Tendenz der Verminderung der Schadstoffe im Abgas.

<sup>7</sup> Giovanni Battista Venturi (1746-1822), italienischer Physiker

<sup>8</sup> Vgl. Bisenberger T. / Urban H., „Kraftstoffverbrauchs- und Emissionsmonitoring bei Baumaschinen anhand definierter Lastzyklen auf Baustellen“, Diplomarbeit, Forschungsbereich Baubetrieb, IPBM, TU Wien, S. 31-34

Die durchschnittliche Kraftstoffreduktion beim Raupenbagger lag bei den Versuchen in einer Größenordnung von 2,0-2,9 %.

**Tabelle I-1:** Stufe V Emissions-Standards für Off-Road Dieselmotoren<sup>9</sup>

Umdrehung min <sup>-1</sup> (U/min)	CO <sub>2</sub> [Vol.%]	O <sub>2</sub> [Vol.%]	CO <sub>unv</sub> [ppm]	NO <sub>x</sub> [ppm]	CO [ppm]	NO <sub>2</sub> [ppm]
Raupenbagger						
800	-8	0	-14	0	-17	-10
1300	-10	+1	-7	-4	-11	-17
1700	-8	0	-7	-3	-9	-9
Radlader Zwettl						
800	-4	0	-8	-8	-13	-19
1500	-10	+1	-5	-10	-23	-23
2250	-25	+3	-3	-27	-31	-26
Radlader Traismauer						
780	+33	-2	-13	+31	+15	+22
1500	-7	+1	-9	-9	-15	-12
2240	-5	0	-19	-6	-23	-20

Die Messungen fanden im laufenden Betrieb statt, wodurch viele Randbedingungen die Messwerte beeinflussten, daher kann keine wissenschaftlich fundierte Aussage getroffen werden, um wie viele Prozent die DROP-NOx-Applikation in einem Baufahrzeug die schadhafte Emissionen reduzieren kann. Messungen am Rollprüfstand werden daher derzeit durchgeführt, um quantitative Aussagen zur Emissionsreduktion zu treffen. Ein Vorteil dieser Applikation ist der kostengünstige und leichte Einbau in ältere Baufahrzeuge.

## 2.2 Motorabschaltung / Motor-Abschalteinrichtung (Abschaltautomatik)

Der durchschnittliche Leerlaufanteil bezogen auf die Motorbetriebsstunden bei einem Raupenbagger beträgt in etwa 40%. Der grundsätzliche Gedanke einer Motorabschaltung bei Baumaschinen ist es, den Motor, während durch den Bauprozess entstehenden Leerlaufzeiten abzustellen. Eine automatische Motorabschaltung bei Baumaschinen führt daher zu einer Senkung des Kraftstoffverbrauchs und damit einhergehend werden auch die Emissionen gesenkt.

Präzise formuliert spricht man im Baubetrieb von einer Abschaltautomatik, „wenn sich eine Maschine nach einer vordefinierten Betriebszeit beispielsweise im Motorleerlauf selbstständig abschaltet.“<sup>10</sup> Die neueste Generation (Baujahr  $\geq 2010$ ) an Baumaschinen hat eine solche automatische Abschalteinrichtung des Motors meist schon implementiert, nur muss diese in den meisten Fällen noch freigeschaltet werden. Die Aktivierung kann von einem geschulten Servicetechniker in wenigen Minuten über die Maschinensteuerung bei einer planmäßigen Wartung durchgeführt werden. Ältere Baumaschinen mit diesem System auszustatten,

<sup>9</sup> Vgl. Bisenberger T. / Urban H., „Kraftstoffverbrauchs- und Emissionsmonitoring bei Baumaschinen anhand definierter Lastzyklen auf Baustellen“, Diplomarbeit, Forschungsbereich Baubetrieb, IPBM, TU Wien, S. 123

<sup>10</sup> Vgl. Farlex Inc. The Free Dictionary, <http://de.thefreedictionary.com/Abschaltautomatik>, [Zitat vom: 03. Februar 2016]

kann durch die Nachrüstung einer Motor-Abschalteinrichtung erfolgen. Durch die automatische Motorabschaltung kann der Motorleerlaufanteil von ungefähr 40% auf 15 % gesenkt werden, wie Datenerhebungen gezeigt haben. Dadurch kommt es zu einer Kraftstoffeinsparung um ca. 5 % und zu einer Verlängerung der Nutzungsjahre um ca. 12% Voraussetzung dieser Reduktion sind eine im Bauahrzeug integrierte Standheizung und -kühlung.<sup>11</sup>

### 2.2.1 Funktionsweise einer automatischen Motorabschaltung

Im Gegensatz zum Motor-Start-Stopp-System, welches im PKW-Bereich weit verbreitet ist, handelt es sich bei der automatischen Motorabschaltung bei Baumaschinen ausschließlich um ein Motor-Stopp-System. Somit muss der Maschinist manuell den Motor wieder in Betrieb nehmen. Nach einem vordefinierten Abschaltzeitraum schaltet sich der Motor, welcher sich hierbei im Leerlauf befindet, ab. Damit der Abschaltvorgang auch wirklich erfolgt, ist das Erreichen der voreingestellten Abschaltzeit notwendig. Die Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft empfiehlt eine Abschaltzeit von 5 min<sup>12</sup>. Werden Maschinenbewegungen durchgeführt oder der Leerlaufdrehzahlbereich des Motors verlassen, beginnt die Zeit bis zum Abschaltvorgang wiederum von Neuem zu ticken. Bevor die automatische Abschaltung des Motors erfolgt, scheint eine Warnmeldung am Bordcomputerdisplay auf bzw. ertönt ein Warnsignal, das den Maschinisten auf die bevorstehende Motorabschaltung aufmerksam macht (Empfehlung lt. BG Bau: 30 s vor dem Abschaltvorgang<sup>13</sup>). Aktives Eingreifen des Maschinisten führt dazu, dass der Abschaltvorgang aussetzt (Rückkehr zum Zeitpunkt 0). Abbildung I-2 stellt die zuvor beschriebene Funktionsweise einer automatischen Motorabschaltung grafisch dar.<sup>14</sup>

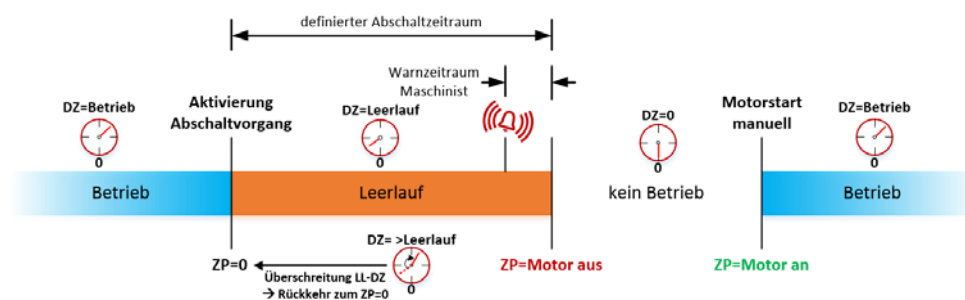


Abbildung I-2<sup>15</sup>: Schema zur Funktionsweise einer automatischen Motorabschaltung

### 2.2.2 Standheizung und -kühlung

Durch die Implementierung einer automatischen Motorabschaltung kommt es zu einer grundsätzlichen Änderung in der Betriebsweise der Baumaschine. Längere Motorleerlaufphasen werden seltener und ein durchgehender Betrieb des Motors in Pausenzeiten wird vermieden. Im Kabineninnenraum kommt es durch die vermehrten betriebslosen Zeiten, insbesondere im Winter sowie im Sommer, zu größeren Temperaturschwankungen. Konzentrationsverluste und auch eine verminderte Leistungserbringung sind die Folge. Der Hauptgrund für die hohen Motorleerlaufzeiten ist der Komfortverlust für den Maschinisten,

<sup>11</sup> Vgl. Winkler C., (2017), „Betriebsstoffverbrauch von Baumaschinen als Faktor einer ökoeffizienten Bauprozessoptimierung“, Dissertation, Forschungsbereich Baubetrieb, IPBM, TU Wien, S. 244

<sup>12</sup> BG BAU - Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft . 2014. „Anforderungen und Hinweise für Arbeitsschutzprämien: Nachrüstung von automatischen Motor-Abschalteinrichtungen (Motor-Stopp)“, München: BG BAU, S.1

<sup>13</sup> BG BAU - Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft . 2014, S. 1

<sup>14</sup> Vgl. Winkler C., (2017), Dissertation, TU Wien, S. 245 f

<sup>15</sup> Winkler C., (2017), Dissertation, TU Wien, S. 246

welcher durch das extreme Klima in der Kabine entsteht, vor allem wenn er während der Pausen- und Wartezeiten in der Kabine verweilt. Aufgrund dieses Komfortverlustes wird die bereits im Fahrzeug integrierte automatische Motorabschaltung in den seltensten Fällen aktiviert. Daher gilt es dieser Problematik mit geeigneten Maßnahmen entgegenzuwirken. Eine Möglichkeit ist, eine Standheizung für die Winterperiode und eine Standkühlung für die Sommerperiode in der Baumaschine zu implementieren.

Eine nachgerüstete Standheizung hat primär das Ziel das Abkühlen der Kabineninnenraumtemperatur bei stillgelegtem Motor in betriebslosen Zeiten zu verhindern. Die Kosten für eine Standheizung belaufen sich auf etwa 3.200 €. Eine serienreife Standkühlung für Baumaschinen ist noch nicht am Markt verfügbar, aber es wird verschiedenen Ansätzen, z.B. von der Firma Webasto, gearbeitet. Die geschätzten Kosten für eine nachträgliche Implementierung einer Standkühlung betragen in etwa 5.000 €. <sup>16</sup>

### 2.2.3 Berechnung des Einsparpotenzials durch automatische Motorabschaltung

Anhand eines Beispiels werden die möglichen Einsparungspotenziale im Hinblick auf die Motorleerlaufzeiten und den damit verbundenen ökonomischen Ersparnissen aufgezeigt. Die Basis für die Berechnung bildet die Dissertation von DI Dr. Christoph Winkler mit dem Titel „Betriebsstoffverbrauch von Baumaschinen als Faktor einer ökoeffizienten Bauprozessoptimierung“. In dieser Dissertation wurde eine Studie an Baufahrzeugen mit und ohne Motorabschaltung durchgeführt. <sup>17</sup>

Ein neuwertiger Raupenbagger mit einer Leistung von 150 kW und einem mittleren Neuwert von 330.000 € (Basis 2014) wird als Beispielmaschine betrachtet. Die betriebsbedingte Nutzungsdauer wird mit 10.200 h angenommen, außerdem liegen der Berechnung folgende Werte zugrunde:

- Basiswert des Leerlaufanteils: 40 %
- Prognosewert des Leerlaufanteils: 15 %
- Kraftstoffverbrauch (Durchschnitt): 20 l/h
- Kraftstoffverbrauch im Leerlauf: 3,4 l/h

Für die Sicherstellung der Einsparungspotenziale werden folgende Maßnahmen ergriffen:

- Aktivierung der Motorabschaltung bei Auslieferung der Maschine
- Nachrüstung einer Standheizung
- Nachrüstung einer Standkühlung
- Schulungen der Maschinisten: mehrmals verteilt über die Nutzungsdauer

Das Gesamteinsparungspotenzial über die Nutzungsdauer ergibt sich als Differenz vom ökonomischen Einsparungspotenzial zu den Kosten für die gesetzten Maßnahmen. In diesem konkreten Beispiel belaufen sich die Ausgaben für die zuvor beschriebenen Maßnahmen auf etwa 11.200 € und das ökonomische Einsparungspotenzial auf 47.400 €. Über die gesamte Nutzungsdauer von 10.200 h des Raupenbaggers ergibt sich somit ein Einsparungspotenzial von etwa 36.200 €.

---

<sup>16</sup> Vgl. Winkler C., (2017), Dissertation, TU Wien, S. 246 f

<sup>17</sup> Vgl. Winkler C., (2017), Dissertation, TU Wien, S. 255 f



## Literaturverzeichnis

**BG BAU - Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft** (2014), „Anforderungen und Hinweise für Arbeitsschutzprämien: Nachrüstung von automatischen Motor-Abschalteinrichtungen (Motor-Stopp)“, München: BG BAU

**Bisenberger T. / Urban H.** (2017), „Kraftstoffverbrauchs- und Emissionsmonitoring bei Baumaschinen anhand definierter Lastzyklen auf Baustellen“, Diplomarbeit, Forschungsbereich Baubetrieb, Institut für Interdisziplinäres Bauprozessmanagement, TU Wien

**EU-Parlament und EU-Rat, Verordnung (EU) 2016/1628**, 14. September 2016, „Emissionsgrenzwerte für gasförmige Schadstoffe und luftverunreinigende Partikel und die Typgenehmigung für Verbrennungsmotoren“, S. L252/104

**Farlex Inc.**, The Free Dictionary, <http://de.thefreedictionary.com/Abschaltautomatik>, [Zitat vom: 03. Februar 2016]

**Hänel, G. / Rautenberg, H. / Kunze, P. G.** (2015): „Gefährdung von Feinstaubemissionen von Baumaschinen, Institut für Verarbeitungsmaschinen und mobile Arbeitsmaschinen“, S. 6 f.

**Lichtblau, G. / Schodl, B. / Plankensteiner, B. / Winter, R.** (2009): „Feinstaubproblem Baumaschine – Emissionen und Kosten einer Partikelnachrüstung in Österreich“, Bundeskammer für Arbeiter und Angestellte, S. 3

**Winkler C.** (2017), „Betriebsstoffverbrauch von Baumaschinen als Faktor einer ökoeffizienten Bauprozessoptimierung“, Dissertation, Forschungsbereich Baubetrieb, Institut für Interdisziplinäres Bauprozessmanagement, TU Wien